

P R I O R A R T I N F O R M A T I O N L I S T

Your Case No.	
Our Case No.	PA01 – 10FT – USA

Publication No.	Date of Publication	Concise Explanation of the Relevance
JP 2000082997 A	March 21, 2000	Abstract
JP 11145910 A	May 28, 1999	“

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-082997

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl. H04B 10/20
H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/17
H04B 10/16

(21)Application number : 11-134269

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD
JAPAN TELECOM CO LTD

(22)Date of filing : 14.05.1999

(72)Inventor : TANAKA SHIGERU
SHIMABAYASHI YASUSHI

(30)Priority

Priority number : 10177377

Priority date : 24.06.1998

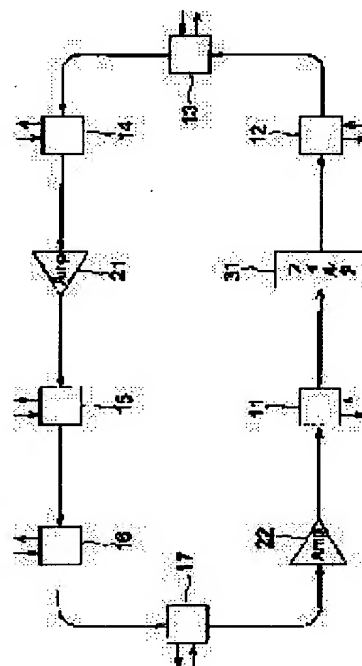
Priority country : JP

(54) WDM TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a WDM(wave length division multiplexing) transmission system which is provided with structure improving durability against a fault as a whole system and which is superior in the efficiency of a transmission line.

SOLUTION: The system has a simplex closed loop transmission line where a WDM signal group containing a plurality of signal optical beams is transmitted in a prescribed direction and an optical disconnection part is not contained. A plurality of branch stations 11-17 receiving and transmitting a wavelength component being a part of the WDM signal group and optical amplifiers 21 and 22 amplifying the respective wavelength components of the WDM signal group are installed on the close looped transmission line. A filter 31 where the respective wavelength components of the WDM signal group are selectively transmitted is installed for preventing ASE generated by optical amplification from circulating the closed loop transmission line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

1

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-82997

(P2000-82997A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 B 10/20		H 0 4 B 9/00	N
H 0 4 J 14/00			E
	14/02		J
H 0 4 B 10/17			
	10/16		

審査請求 未請求 請求項の数 7

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-134269

(22) 出願日 平成11年5月14日 (1999.5.14)

(31) 優先権主張番号 特願平10-177377

(32) 優先日 平成10年6月24日 (1998.6.24)

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71) 出願人 000229265

日本テレコム株式会社

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号

(72) 発明者 田中 茂

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 島林 靖

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本テ

レコム株式会社内

(74) 代理人 100088155

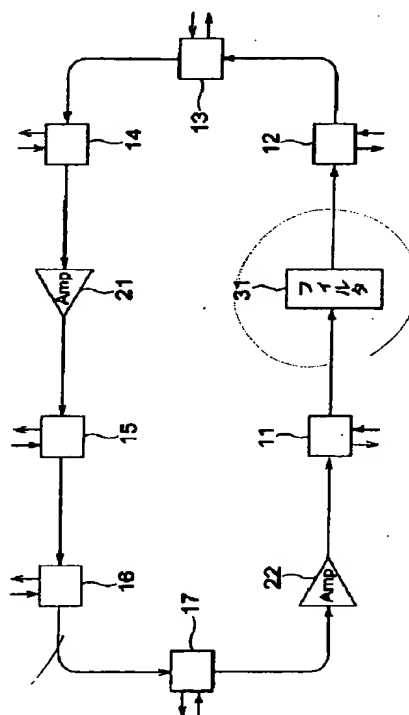
弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 WDM伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 システム全体として障害に対する耐久性を向上させる構造を備え、伝送路の利用効率に優れたWDM伝送システムを提供する。

【解決手段】 WDM信号群の一部の波長成分についての受信及び発信を行う複数のブランチ局11~17と、該WDM信号群の各波長成分を増幅する光増幅器21、22とが設けられた、光学的な断線部分を含まない閉ループ光伝送路上に、さらに、光増幅により発生するASEが該閉ループ伝送路を周回するのを防止するためにWDM信号群の各波長成分を選択的に透過させるフィルタ31が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の信号光を含むWDM信号群が所定方向に伝搬するとともに光学的な断線部分を含まない閉ループ伝送路と、

前記閉ループ伝送路中に配置され、それぞれが、前記WDM信号群の伝搬を光学的に遮断することなく、該WDM信号群から1又はそれ以上の信号光を分波する機能と新たな信号光を該WDM信号群の残りの信号光へ合波する機能とを有する複数のブランチ局と、

前記閉ループ伝送路中に配置され、前記WDM信号群の各信号光をそれぞれ増幅する1又はそれ以上の光増幅器と、

前記閉ループ伝送路中を周回する光成分のうち、前記WDM信号群に含まれる信号光を選択的に透過し、少なくとも透過波長近傍の不要な光成分を除去する機能を有するフィルタとを備えたWDM伝送システム。

【請求項2】 前記1又はそれ以上の光増幅器の利得合計は、前記閉ループ伝送路中を周回する前記WDM信号群の、該閉ループ伝送路及び前記複数のブランチ局が原因となる累積損失を相殺するのに十分であることを特徴とする請求項1記載のWDM伝送システム。

【請求項3】 前記複数のブランチ局それぞれにおいて、分波された1又はそれ以上の信号光の信号レベルが当該ブランチ局における最低受信レベル以上となる位置に、前記1又はそれ以上の光増幅器は、それぞれ配置されていることを特徴とする請求項1又は2記載のWDM伝送システム。

【請求項4】 前記フィルタは、前記閉ループ上の所定位置にそれぞれ配置された複数の波長選択フィルタを含み、これら複数の波長選択フィルタは、互いに重複しない波長帯域において前記複数の信号光を除く不要な光成分を遮断する光透過特性を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載のWDM伝送システム。

【請求項5】 前記複数のブランチ局のうちいずれかのブランチ局は、前記WDM信号群に含まれる信号光のうち該複数のブランチ局のいずれも使用していない信号光を光学的に切断することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載のWDM伝送システム。

【請求項6】 前記WDM信号群に含まれる複数の波長成分のうち互いに隣接する信号光の中心波長間隔は、該互いに隣接する信号光間でのクロストークが、前記複数のブランチ局のおおのにおける最大許容レベル以下になるよう設定されることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項記載のWDM伝送システム。

【請求項7】 複数の信号光を含むWDM信号群をそれぞれ異なる方向に伝送するための第1ループ系及び第2ループ系を備えたWDM伝送システムであって、前記第1ループ系及び第2ループ系のおおのは、請求項1～6のいずれか一項記載のWDM伝送システムと同じ構造を備えたことを特徴とするWDM伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光学的な断線部分を含まない閉ループ光伝送路を介して、互いに波長の異なる複数の信号光を含むWDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号群を伝送するためのWDM伝送システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、WDM伝送システムは、光伝送路を介して複数の信号光を含むWDM信号群を伝送することにより高速・大容量の光通信を可能にする。その中でも、マスタ局から送出されたWDM信号群が所定の経路を経由して再度該マスタ局に到達するリング型WDM伝送システムがある。

【0003】従来のWDM伝送システムの一般的な構成は、例えば“1995年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、SB-9-5”の図1(第1従来例)に示されている。また、この第1従来例と同様な構成であって複数のネットワークを接続するマスタ局を備えたWDM伝送システムが米国特許第5,854,698号(第2従来例)に示されている。図10は、これら第1及び第2従来例のWDM伝送システムの構成、特にマスタ局の構成を模式的に示した図である。この従来のWDM伝送システムでは光伝送路上にWDM信号群の送出及び受信を行うマスタ局1(他の伝送路へのアクセスポイントとなるハブ局)と、該マスタ局から送出され該伝送路中を伝搬するWDM信号群のそれぞれに対応して設けられたブランチ局4～7とを備えている。マスタ局1は合波器2と分波器3を備えている。

【0004】マスタ局1の合波器2のWDM信号群に含まれるべき複数の信号光それぞれに対応して複数の入力ポートが設けられており、これら入力ポートを介して取り込まれた信号光は、それぞれ該合波器2により合波され、WDM信号群としてマスタ局1から伝送路中へ送出される。マスタ局1から伝送路中に送出されたWDM信号群は、まず第1ブランチ局4に到達し、該第1ブランチ局4において、このWDM信号群のうちの該第1ブランチ局4に割り当てられた信号光が分波される。一方、伝送路中へ送出されるWDM信号群には、この第1ブランチ局4において新たな信号光が合波される。

【0005】上記第1ブランチ局4の下流に位置する第2ブランチ局5には、第1ブランチ局4において取り込まれなかった信号光と該第1ブランチ局4から新たに送出された信号光とが到達する。この第2ブランチ局5でも、上述の第1ブランチ局4と同様に、到達した信号光のうちから該第2ブランチ局5に割り当てられた信号光が取り込まれるとともに、該取り込まれた信号光と同じ波長の信号光が新たに伝送路中に送出される。以下同様にして、WDM信号群は、第3ブランチ局6、第4ブランチ局7順次に経路して最終的にマスタ局1に到達す

る。

【0006】このマスタ局1では、到達した信号光が分波器3により分波され、それぞれ対応する出力ポートから取り出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のWDM伝送システムでは、マスタ局1（ハブ局）においてWDM信号群に含まれる全信号光の合波及び分波が行われるため、より高機能（高価）の合波器2や分波器3が要求される。そのため、このような高機能のマスタ局1を有するシステムは、小規模なWDM伝送システムには不向きであった。また、このようにマスタ局で全信号光の送出及び受信を管理する形態では、マスタ局に何らかの障害が発生することによりシステム全体の機能が失われるため、自然災害や機器故障等の障害に対する従来のWDM伝送システムの耐久性は十分ではなかった。

【0008】一方、マスタ局1及び各ブランチ局4～7それぞれが伝送路を介して接続されていると言っても、該マスタ局1内では光伝送路は光学的に切断されている。したがって、例えば、第1ブランチ局4と第4ブランチ局7との間で所定波長の信号光を送受信する場合であっても、該第1ブランチ局4は、第2及び第3ブランチ局5、6を介して該第4ブランチ局7へ該信号光を送出する必要があり、マスタ局1を経由して各ブランチ局4、7間での送受信（伝送経路長が短いので伝送損失が少ない）はできず、光伝送路の利用効率は悪かった。

【0009】この発明は、上述のような課題を解消するためになされたものであり、システム全体として自然災害や機器故障等の障害に対する耐久性を向上させるとともに、光伝送路の利用効率に優れたWDM伝送システムを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するため、この発明に係るWDM伝送システムは、所定波長帯域内の複数の信号光を含むWDM信号群が所定方向に伝搬するとともに光学的な断線部分を含まない閉ループ伝送路と、この閉ループ伝送路中に配置され、それぞれが、WDM信号群の伝搬を光学的に遮断することなく、該WDM信号群から1又はそれ以上の信号光を分波する機能と新たな信号光を該WDM信号群の残りの信号光へ合波する機能とを有する複数のブランチ局を有する。さらに、この発明に係るWDM伝送システムは、それぞれ異なる方向にWDM信号群が伝搬するよう、このような閉ループ系を2系統用意し、双方向光通信を可能にする構成であってもよい。

【0011】この構成で着目すべき点は、当該WDM伝送システムが、伝送路全体を監視したり、他の伝送路（ネットワーク）とのアクセスポイントとなるマスタ局を備えていない点である。各ブランチ局は、割り当てら

れている信号光（WDM信号群に含まれる全信号光の波数よりも少ない）だけを分波し、残りの信号光を下流のブランチ局に向かっ通過させるので、いずれかのブランチ局で故障が発生したとしても他のブランチ局間の信号光伝送には影響せず、システム全体の機能が失われることはない。また、各ブランチ局には、予め1又はそれ以上の信号光が割り当てられるので、任意のブランチ局間の通信に使用されている信号光であっても、共通の信号光が割り当てられているブランチ局間であれば、上流に位置するブランチ局から順次下流に位置するブランチ局に対して信号光の使用状況を連絡すること等により残りの伝送区間において使用することも可能であり、伝送路全体の利用効率を向上させることができる。

【0012】また、この発明に係るWDM伝送システムでは、上記閉ループ伝送路中に、伝搬するWDM信号群に含まれる各信号光を増幅する光増幅器が配置されている。なお、この増幅器はWDM信号群に含まれる全信号光を増幅するような増幅帯域の広い高機能の光増幅器を用いる必要はなく、互いに異なる狭増幅帯域（部分的に重なっていてもよい）の光増幅器を複数個用意してもよい。なお、当該閉ループ伝送路中に配置される光増幅器の利得合計は、この閉ループ伝送路中を周回するWDM信号群の、該閉ループ伝送路および複数のブランチ局に起因した累積損失を相殺するのに十分であることが好ましい。また、これら光増幅器は、複数のブランチ局それぞれにおいて、割り当てられた信号光の信号レベルが該各ブランチ局における最低受信レベル以上となる位置に、閉ループ伝送路の所定位置に配置されるのが好ましい。

【0013】さらに、この発明に係るWDM伝送システムの伝送路は、光学的な切断部分がない閉ループ伝送路であるため、WDM信号群とともに信号増幅に起因して発生する自然放出光（ASE：Amplified Spontaneous Emission）が周回すると大きなノイズ成分となる。そこで、当該WDM伝送システムでは、このようなASEのループ発振を避けるため、WDM信号群に含まれる各信号光だけを選択的に透過し、少なくとも該透過波長近傍の光成分を除去する機能を有するフィルタを備えている。なお、このフィルタは、閉ループ伝送路中に所定位置に配置された複数の波長選択フィルタであってもよい。この場合、これら複数の波長選択フィルタは、それぞれ選択的に特定波長範囲内の光成分を遮断する機能を有し、全体として上記信号光だけを透過させるよう構成される。

【0014】また、この発明に係るWDM伝送システムにおけるフィルタ機能として、上記複数のブランチ局のいずれも使用していない信号光については、該複数のブランチ局のうちいずれかのブランチ局が光学的に切断するよう構成するのが好ましい。この構成により、未使用の信号光のループ発振も回避することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係るWDM伝送システムを、図1～図9を用いて説明する。なお、図中の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0016】図1は、この発明に係るWDM伝送システムにおける第1実施形態の概略構成を示す図であり、図2は、図1に示された各ブランチ局の概略構造を示す図である。

【0017】この実施形態に係るWDM伝送システムは、複数の信号光を含むWDM信号群が所定方向に伝搬するとともに、光学的な断線部分を含まない1重の閉ループ伝送路を備えており、この閉ループ伝送路上には、第1ブランチ局11、フィルタ31、第2ブランチ局12、第3ブランチ局13、第4ブランチ局14、光増幅器21（インラインアンプ）、第5ブランチ局15、第6ブランチ局16、第7ブランチ局17、及び光増幅器22（インラインアンプ）が配置されている。なお、閉ループ伝送路は例えば光ファイバ線路であり、この閉ループ伝送路上には、2以上のブランチ局と、1以上のフ

ィルタと、1以上の光増幅器が設けられている。また、光増幅器は、後述するように所定の信号光増幅利得が要求される。

【0018】第1ブランチ局11～第7ブランチ局17

おのおのは、到達したWDM信号群のうち何れかの信号光を受信あるいは送出する一方、残りの信号光については光学的に切断することなく送出するよう構成されている。

【0019】図2（a）は、このような第1ブランチ局11の概略構成を示す図である。なお、他のブランチ局12～17も同様な構成である。この図2（a）において、第1ブランチ局11は、到達したWDM信号群に含まれる信号光（例えば、32波の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ ）のうち一部の信号光（例えば、8波の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ））を分波及び合波するための光ADM150（Add-Drop Multiplexer）を備えている。この光ADM150は、分波器101及び合波器106から構成されている。さらに、第1ブランチ局11は、第1光増幅器102、分波器103、合波器104、第2光増幅器105、及び分波器106を備えている。なお、第1及び第2光増幅器102、105は、いずれも取り扱われる信号光強度が充分である場合には不要である。

【0020】分波器101は、WDM信号群を取り込むための入射端151と、分波された信号光を出力するための出力ポート153とを備え、上述の例では到達したWDM信号群に含まれる信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ ）から一部の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）を取り出す。第1光増幅器102は、出力ポート153を介して入力された信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）をそれぞれ光増幅し、これら光増幅された信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）を分波器103へ送出する。分波器

103には各信号光の波長に対応して用意された複数の出力ポートが設けられており、該分波器103へ導かれた各信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）はそれぞれ対応する出力ポートから取り出される。なお、分波器103の各出力ポートには、例えば、フォトダイオード等の光検出素子が接続されており、各出力ポートから取り出された各信号光は、これら各光検出素子により検出される。

【0021】一方、合波器104は、複数の入力ポートを介して新たな信号光（この実施形態では、分波器101により取り出された信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）と同じ波長の信号光とする）を取り込み、合波された新たな信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）が光増幅器105へ導かれる。そして、この第2光増幅器105で光増幅された新たな信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）が入力ポート154を介して合波器106に取り込まれる。この新たな信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）は合波器106により残りの信号光（ $\lambda_9 \sim \lambda_{32}$ ）と合波され、新たなWDM信号群が出射端152を介して伝送路中へ送出される。

【0022】すなわち、この実施形態における第1ブランチ局11では、到達したWDM信号群（ $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ ）のうち割り当てられた信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）を取り込む一方、通過する信号光（ $\lambda_9 \sim \lambda_{32}$ ）とともに新たな信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）を伝送路中へ送出する構造を備えている。なお、他のブランチ局12～17についても同様の構造を備える。

【0023】また、上記分波器101及び合波器106は、光ADM150（Add-Drop Multiplexer）を構成している。この光ADMとしては、例えばAWG（Arrayed Waveguide Grating）や光サーキュレータが利用可能であるが、光ファイバカプラとファイバグレーティングとで構成されたマッハツェンダー干渉計が安価であり好適である。図2（b）は、光ADM150の具体例としてマッハツェンダー干渉計の概略構成を示す図である。この図2（b）に示されたように、光ADM150であるマッハツェンダー干渉計は、光ファイバカプラ155、156とファイバグレーティング170、171とで構成されている。

【0024】閉ループ伝送路上に配置された光増幅器21、22（インラインアンプ）それぞれは、該閉ループ伝送路中を伝搬するWDM信号群に含まれる各信号光を一括して光増幅する。また、これら各光増幅器21、22は、該閉ループ伝送路及び各ブランチ局11～17による累積損失を相殺する必要がある。すなわち、光増幅器21、22それぞれの信号光の増幅利得の合計は、該累積損失と略等しい。

【0025】図3は、上記光増幅器21、22の光増幅作用について説明するための図である。図3（a）や（b）に示されたように、各信号光は閉ループ伝送路中を伝搬していくに従い、あるいは各ブランチ局11～17それぞれを通過するに従い、信号レベルは低下してい

く。したがて、光増幅器 21、22 を適当な位置に配置しておけば、各信号光の信号レベルは、該光増幅器の利得分だけ上昇し当該閉ループ伝送路を 1 周した時点で元の信号レベルと略等しくなる。ところが、光増幅器 21、22 それぞれが配される位置によっては、図 3

(a) に示されたように、光増幅器 21 に到達する前に各信号光の信号レベルが各ブランチ局 11~17 における最低受信レベル未満となる可能性がある。この場合、光増幅器 21 の直前に配置されたブランチ局では割り当てられた信号光を受信することができない。そこで、この発明に係る WDM 伝送システムでは、図 3 (b) に示されたように、各ブランチ局 11~17 それぞれに到達する各信号光の信号レベルが該ブランチ局 11~17 における最低受信レベル以上となるように光増幅器 21、22 それぞれが配置されている。なお、閉ループ伝送路上の全ての位置において、伝搬する各信号光の信号レベルが各ブランチ局 11~17 における最低受信レベル以上となるように光増幅器 21、22 それぞれが配置されていれば、ブランチ局の移動や増設を容易に行うことができる。

【0026】閉ループ伝送路上に配置されたフィルタ 31 は、該閉ループ伝送路中を伝搬する各信号光 (WDM 信号群に含まれる) を選択的に透過させ、これら各信号光を除く波長範囲の光成分である ASE を除去するよう機能する。図 4 は、このフィルタ 31 の透過特性を示す図である。この図に示されたように、フィルタ 31 における透過率は、各信号光それぞれの中心波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、…の近傍でのみ大きく、他の波長領域では小さい。すなわち、フィルタ 31 は、各信号光ごとに設定された複数の局所波長範囲において、該複数の局所波長範囲内の各光成分 (当該各信号光に相当) を透過するとともに、これら局所波長範囲を除く残りの波長範囲の光成分を遮断する。なお、この明細書において、局所波長範囲は、WDM 信号群に含まれる複数の信号光のうち互いに隣接する信号光間でのクロストークが、複数のブランチ局おのおのにおける最大許容レベル以下になるよう設定される波長範囲を意味する。

【0027】このような特性を有するフィルタ 31 は、例えば図 5 に示されたように、AWG (Arrayed Waveguide Grating) 301、302 により構成される。この図に示されたフィルタ 31 を構成する一方の AWG 301 は、入射された WDM 信号群及び ASE を回折格子により分光し、分光した光成分のうち該 WDM 信号群を波長ごとに他方の AWG 302 へ送出する。AWG 302 は、AWG 301 から波長ごとに送出された信号光を回折格子により合波して再度閉ループ伝送路中へ送出する。このように AWG 301、302 を備えたフィルタ 31 は、回折格子を用いて所望の光成分を分波し、再び回折格子を用いてこれら所望の光成分を合波するので、WDM 信号群に含まれる各信号光間のクロストークは 3

0 dB 以上である。

【0028】このように閉ループ伝送路中から ASE を除去するフィルタ 31 を設けることにより、ASE は当該閉ループ伝送路を周回することはない、このため、ASE のループ発振は回避される。なお、フィルタ 31 が透過させる波長の光であって各ブランチ局 11~17 の何れにおいても受信あるいは発信されることがない未使用の信号光が存在する場合には、この未使用の信号光も、当該閉ループ伝送路を周回してループ発振する可能性がある。そこで、このような未使用の信号光については、各ブランチ局 11~17 のうちの何れかのブランチ局において光学的に切断することによりループ発振が回避できる。ここで、「光学的に切断」とは、ブランチ局が図 2 に示されたような構成である場合、分波器 101 に入射した未使用の信号光が、直接に合波器 106 から出力されることがなく、かつ、該未使用の信号光が分波器 101 に入力して分波器 103 及び合波器 104 を経て合波器 106 から出力されることもないことを意味する。

20 【0029】次に、図 6 は、図 1 に示された WDM 伝送システムにおける信号伝送の応用形態を示す図である。この図に示された閉ループ伝送路には、互いに共通する信号光の受信及び送信が可能なブランチ局 G1~G4 が配置されており、また、適当な位置にインラインアンプの光増幅器とフィルタとがそれぞれ配置されている。このような伝送システムにおいて、各ブランチ局 G1~G4 は、それぞれ自己の位置よりも下流に位置する同じグループに属するブランチ局に対して共通する信号光の使用状況 (例えば通信相手) を送出している。

30 【0030】例えば、閉ループ伝送路内において、ブランチ局 G1 からブランチ局 G2 に対して信号光 λ_1 を利用して所定情報を送信している場合、受信側のブランチ局 G2 からは下流に位置するブランチ局 G3 に対してブランチ局 G1 と G2 との間で信号光 λ_1 を利用した通信が行われている旨の情報が送出される。情報を受けたブランチ局 G3 では、この閉ループ伝送路において、ブランチ局 G3 と G4 との区間で信号光 λ_1 の通信が可能であると判断し、必要であればブランチ局 G3 からブランチ局 G4 へ信号光 λ_1 が送出される。一方、ブランチ局 G4 では、下流に位置するブランチ局 G1 に対して自己の信号光 λ_1 の使用状況を通知する。このように、各ブランチ局 G1~G4 が自己の共通する信号光の使用状況を下流に位置するブランチ局へ送出するよう構成することにより、1 チャンネルで複数のブランチ局間の通信が可能となり、当該閉ループ伝送路の利用効率を向上させることが可能となる。

【0031】次に、図 7 は、この発明のに係る WDM 伝送システムにおける第 2 実施形態 (2 重閉ループ伝送路) の概略構成を示す図である。

50 【0032】この第 2 実施形態に係る WDM 伝送システ

ムは、複数の信号光を含むWDM信号群が互いに異なる方向に伝搬する2系統の閉ループ伝送路を備えており、これら閉ループ系おのおのの構造は、上述された第1実施形態の構造と同じである。

【0033】図8は、この2重閉ループ伝送路上に配置された第1ブランチ局11の構造を示す図であり、図2(a)に示された第1実施形態の各ブランチ局が各閉ループ系ごとに用意されている。なお、この第2実施形態における他のブランチ局12~17の構造も、図8に示された第1ブランチ局11の構造と基本的に同じである。

【0034】図8において、第1ブランチ局11は、互いに異なる方向にWDM信号群が伝搬する第1閉ループ系と第2閉ループ系を有する。まず、第1閉ループ系では、到達したWDM信号群に含まれる信号光（例えば、32波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)）のうち一部の信号光（例えば、8波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)）を分波及び合波するための光ADM110a (Add-Drop Multiplexer) が用意されている。この光ADM110aは、分波器111a及び合波器116aから構成されている。さらに、第1閉ループ系には、第1光増幅器112a、分波器113a、合波器114a、第2光増幅器115a、及び分波器116aが設けられている。

【0035】一方、上記第1閉ループ系とは逆方向にWDM信号群が伝搬する第2閉ループ伝送系においても、到達したWDM信号群に含まれる信号光（例えば、32波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)）のうち一部の信号光（例えば、8波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)）を分波及び合波するための光ADM110b (Add-Drop Multiplexer) が用意されている。この光ADM110bは、分波器111b及び合波器116bから構成されている。さらに、第1ブランチ局11の第2閉ループ系には、第1光増幅器112b、分波器113b、合波器114b、第2光増幅器115b、及び分波器116bが設けられている。なお、上記第1及び第2閉ループ系のいずれにおいても、これら各光学デバイスの動作は図2に示された光ADM150と同じである。

【0036】また、光増幅器21 (インラインアンプ) は、第1及び第2閉ループ系それぞれに用意された2系統のインラインアンプで構成されており、光増幅器22も同様に第1及び第2閉ループ系に対応して2系統インラインアンプが用意されている。なお、この2重の閉ループ伝送路上に配置される場合でも、光増幅器21、22の合計利得は、該閉ループ伝送路及び各ブランチ局11~17による累積損失を相殺する程度必要である。また、これら光増幅器21、22は、いずれも各ブランチ局11~17それぞれに到達する各信号光の信号レベルが該ブランチ局11~17における最低受信レベル以上となるように光増幅器21、22それぞれが配置されている。

【0037】フィルタ31も、図4及び図5に示された光透過特性及び構造を備えたフィルタが各閉ループ系ごとに用意されている。

【0038】なお、この第2実施形態におけるフィルタ31は、図4に示されたように、伝搬する各信号光(WDM信号群に含まれる)を選択的に透過させ、これら各信号光間の波長成分であるASEを除去するよう透過特性を有するが、第1及び第2閉ループ系の伝送路おのおのにおいて、複数の波長選択フィルタを配置して全体として上述のような光透過特性を実現することも可能である。すなわち、各閉ループ伝送路上に、図9(a)に示されたような、使用波長範囲の光成分のみを透過する波長選択フィルタと、図9(b)及び図9(c)に示されたような、伝搬する各信号光($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)を除く波長範囲の光成分を個別に遮断する波長選択フィルタを配置するよう構成してもよい。このような構成によっても、ASEは当該閉ループ伝送路を周回することはなく、該ASEのループ発振は回避される。また、フィルタ31が透過させる波長の光であって各ブランチ局11~17の何れにおいても受信あるいは発信されることがない未使用の信号光が存在する場合には、この未使用の信号光も、当該閉ループ伝送路を周回してループ発振する可能性がある。このような場合、未使用の信号光を、各ブランチ局11~17のうちの何れかのブランチ局において光学的に切断することによりループ発振が回避できる。

【0039】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、閉ループ伝送路及び各ブランチ局による累積損失は光増幅器により相殺されるので、該閉ループ上の任意のブランチ局から送出されたWDM信号群は、任意のブランチ局へ伝送される。また、閉ループ伝送路を2系統用意することにより、各ブランチ間で双方向の光通信が可能となるため、光伝送路を効率よく利用することができる。さらに、閉ループ伝送路上には、各信号光を透過させるとともに光増幅器において発生するASEを除去するフィルタが配置されているので、ASEのループ発振を効果的に排除できるという効果がある。

【0040】また、ブランチ局のうちの何れかのブランチ局が、フィルタを透過する信号光であって各ブランチ局の何れにおいても未使用の信号光を光学的に切断するよう構成することにより、該未使用波長の信号光のループ発振も回避される。

【0041】また、各光増幅器それぞれが、各ブランチ局それぞれに到達する各信号光の信号レベルが該各ブランチ局における最低受信レベル以上となる位置に配置することにより、各ブランチ局それぞれに到達する各信号光は、必然的にそのブランチ局における最低受信レベル以上の信号レベルであるので、該ブランチ局において受信される。

50 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るWDM伝送システムにおける第1実施形態（1重閉ループ伝送路）の概略構成を示す図である。

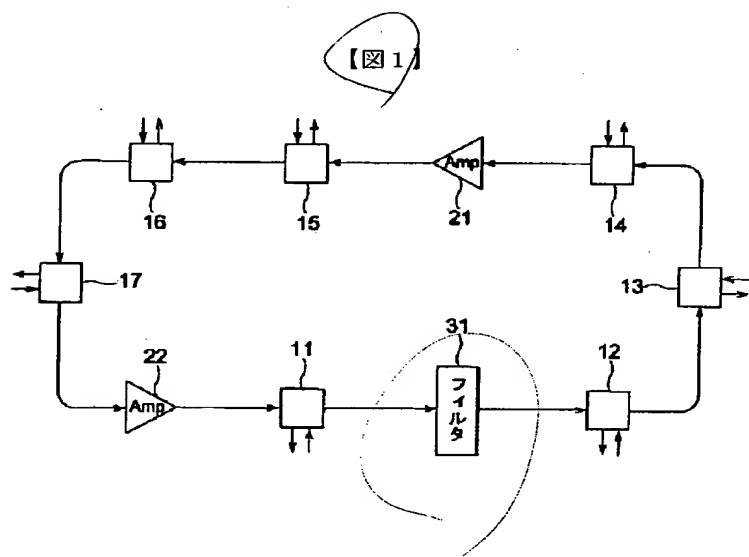
【図2】図1に示された各ブランチ局の概略構成を示す図である。

【図3】この発明に係る光増幅器の作用を説明するための図である。

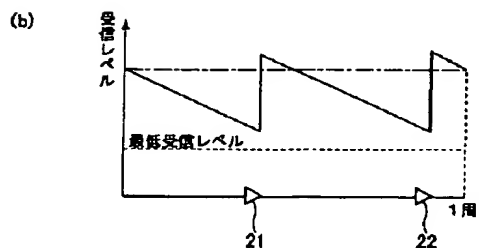
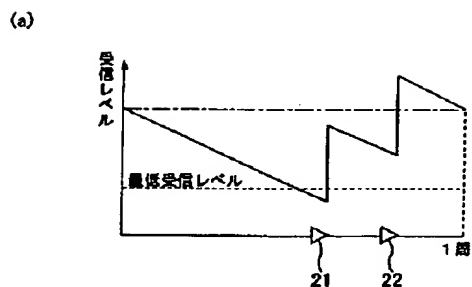
【図4】この発明に係るWDM伝送システムにおけるフィルタの透過特性を示す図である。

【図5】この発明に係るWDM伝送システムにおけるフ 10 ilterの概略構成を示す図である。

【図6】図1に示されたWDM伝送システムにおける信号伝送の応用形態を示す図である。



【図3】



【図7】この発明に係るWDM伝送システムにおける第2実施形態（2重閉ループ伝送路）の概略構成を示す図である。

【図8】図7に示された各ブランチ局の概略構成を示す図である。

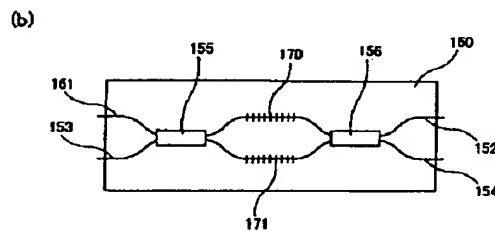
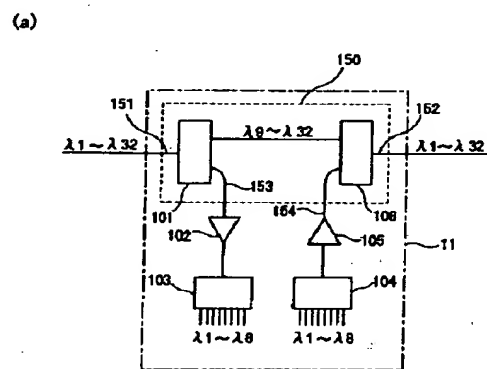
【図9】この発明に係るWDM伝送システムにおけるフィルタの他の実施形態としての透過特性を示す図である。

【図10】従来のWDM伝送システムの概略構成を示す図である。

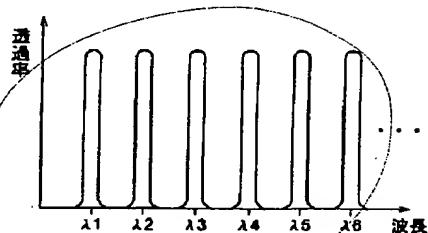
【符号の説明】

11～17…ブランチ局、21、22…光増幅器、31…フィルタ。

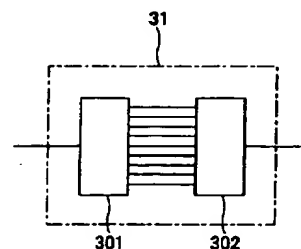
【図2】



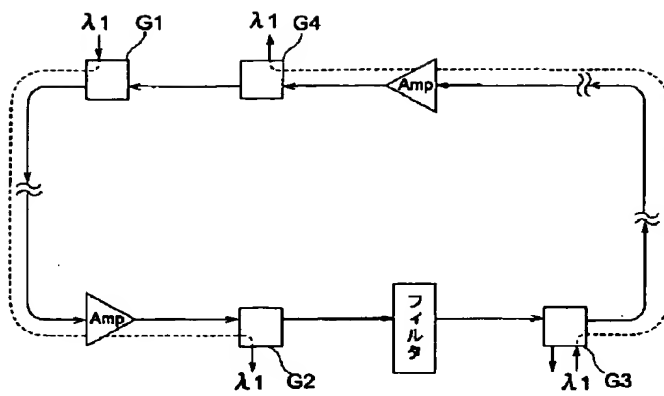
【図4】



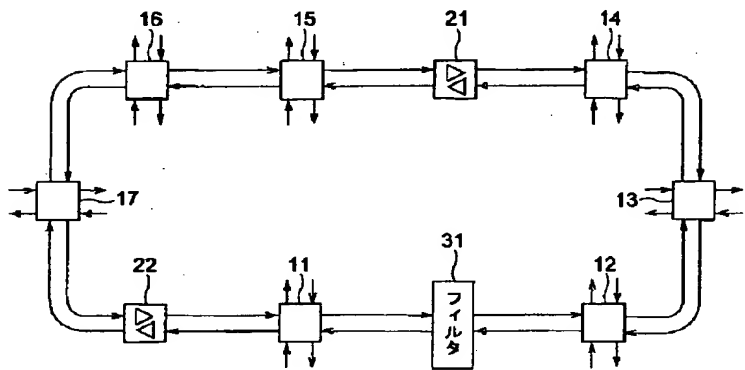
【図5】



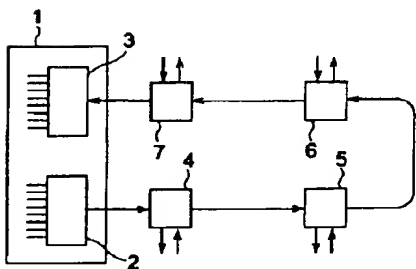
【図 6】



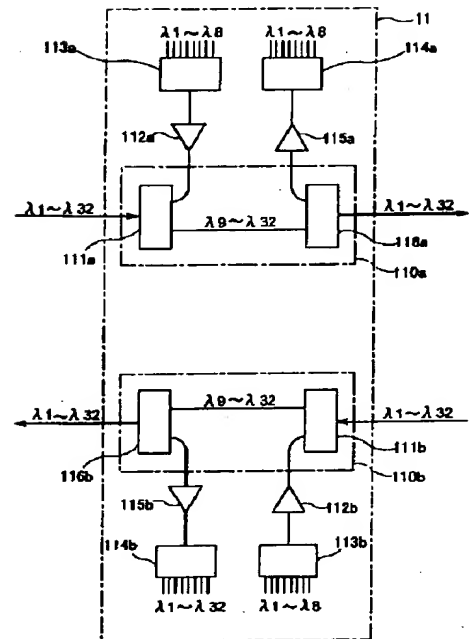
【図 7】



【図 10】



【図 8】



【図 9】

